引用格式：叶思菁，宋长青，程昌秀，等．中国耕地资源利用的"五化"态势与治理对策．中国科学院院刊，2023，38(12)：1962-1976，doi：10.16418/j.issn.1000-3045.20230921002.
Ye S J, Song C Q, Cheng C X, et al. Five issues and countermeasures of China cropland resource use. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2023, 38(12): 1962-1976, doi: 10.16418/j.issn.1000-3045.20230921002. (in Chinese)

中国耕地资源利用的“五化”态势与治理对策

叶思菁　宋长青*　程昌秀　高培超　沈　石　穆望舒

1 北京师范大学　地表过程与资源生态国家重点实验室　北京　100875
2 北京师范大学　地理科学学部　北京　100875

摘要　认识耕地资源利用的态势并分析治理对策，探索区域适宜的耕地利用模式，是落实具有中国特色的“最严格的耕地保护”新战略的重要前提。当前中国耕地资源利用面临加剧的“非农化”“非粮化”“细碎化”“边际化”“生态退化”（以下简称“五化”）问题。文章在评估中国耕地“五化”时空变化态势基础上，从复杂成因、相态特征、责任主体认知差异、外部因子动态变化等方面分析“五化”治理的挑战，并获得相应的启示，以期为加快建设人与自然和谐发展的美丽中国提供管窥之见。

关键词　耕地健康，非农化，非粮化，细碎化，边际化，生态退化

DOI　10.16418/j.issn.1000-3045.20230921002

CSTR　32128.14.CASbulletin.20230921002

粮食安全是一个世界性的挑战，关系到人类可持续发展的基本需求[1]。作为人类赖以生存的最基本资源，耕地是在自然资源要素和人为活动的共同作用下，以食物生产为核心，兼具生活、生态、文化等多重功能的复杂综合体[2]，其不仅是粮食安全的基础；还具有气候调节、净化水质、生物控制等多种生态功能[3]，对地表水、食物链、生物多样性和大气层保护起到重要作用[4]。保护耕地资源，不仅要关注垂直空间多圈层交互作用下耕地自然属性特征，亦要重视在不突破资源环境承载力上限前提下耕地的可持续利用模式，权衡保障粮食需求与保护农田及其他生态系统稳定[5,6]。

*通信作者
资助项目：中国科学院战略性先导科技专项（A类）（XDA23100303）
修改稿收到日期：2023年12月29日

中国把“十分珍惜和合理利用每一寸土地，切实保护耕地”作为一项基本国策。习近平总书记多次指出，“耕地是粮食生产的命根子，是中华民族永续发展的根基”，要“像保护大熊猫一样保护耕地”，“18亿亩耕地必须实至名归，农田就是农田，而且必须是良田”。受土地管控政策、高标准农田建设、种粮补贴、农业税减免等多重利好因素推动，虽然中国人均耕地面积不足世界平均数的40%，耕地土壤有机质平均含量仅为欧美发达国家的60%[4]，但持续以全球9%的耕地养活近20%的人口，实现粮食产量“十九连丰”，为实现联合国可持续发展目标作出重要贡献[7-9]。然而，当前增产不代表永续高产，在过去40年，化肥农药的过量投入、重型农业机械设备的推广和多重套种的高强度利用不断加剧农田生态系统退化，引起耕作层变薄、板结、酸化、有机质降低，引发农作物生理特征病变，危害土壤动物与微生物群落结构[10]。土地污染问题也频繁导致我国部分地区的粮食产品有毒有害物质超标[11]。认识耕地资源利用的态势并分析治理对策，探索区域适宜的耕地利用模式，是落实具有中国特色的“最严格的耕地保护”新战略，实现生态保护红线、永久基本农田和城镇开发边界3条控制线协同管控的重要前提。

1 中国耕地资源利用的“五化”态势

耕地系统是可人工赋能的半自然生态系统，在不同地理空间中具有特定结构和功能特性，经长期自然演变形成稳定的生态平衡状态[12]。人类活动是驱动耕地系统功能状态变化或稳态相变的主导因素，直接或间接影响耕地生产、生活、生态功能[13]。根据土地科学领域的长期研究，当前威胁中国耕地资源安全的耕地利用结构性变化可总结为“五化”现象，即“非农化”[14,15]、“非粮化”[16]、“细碎化”[17,18]、“边际化”[19,20]与“生态退化”[21,22]。本文分析中国耕地资源利用“五化”态势，并分析治理“五化”态势的多重严峻挑战，最后提出政策建议。

1.1 “非农化”态势：耕地数量下降超5%，“北增南减”过程增加粮食安全风险，并加剧产能损失

耕地“非农化”是指占用耕地从事非农业活动（如城镇、住宅、工业、交通等建设，绿化造林，挖湖造景，以及扩大自然保护地等）的过程。根据第二、三次全国国土调查主要数据公报，2019年我国耕地总面积19.179亿亩，相比2009年减少1.129亿亩[23,24]。根据GlobalLand30 2000/2010/2020三期数据对比分析（图1），在2000—2010年阶段，中国耕地转为建设用地的面积占耕地流出总面积的21.86%，其中比例较高省份主要分布在华北平原和长江中下游平原；至2010—2020年阶段，38.47%的流出耕地被建设用地占用，该比值在上海、北京、天津、河南、山东等地甚至超过70%，并在东南丘陵地区与西部灌溉农业区增幅突出（图1d）。耕地占补平衡政策的实施对管控建设用地侵占耕地发挥重要作用，但尚有部分地区未实现数量平衡（例如，2010—2020年，华北平原的所有省份均未实现耕地数量平衡）（图1a）；并且由于该时期缺乏耕地向生态用地流出的管控政策，退耕还林还草成为南方丘陵山区及西部灌区耕地流出的主要因素。

从空间上看，我国耕地呈“北增南减”特征（图1b），耕地由农业气候资源丰富、农作条件较好的东部平原和东南沿海省份向水热条件较差的北方地区转移[25]。这一再分配过程使我国传统“南粮北运”逆转为“北粮南运”[26]，在一定程度上加剧了北方水资源压力，并造成当地耕地资源过度利用，增加粮食安全的不确定性[27]。耕地空间再分配也加剧了耕地产能损失（图1c）。已有研究表明，2010—2020年，我国耕地总产能减少3 125.46万吨，是2000—2010年的3.25倍，并且“占优补劣”普遍存在，补充耕地的平均潜在单产仅流出耕地的62.6%[28]。此外，2000—2010年的补充耕地，至2020年仍作耕地使用的比例较低，全

国近一半省份不足50%[28]。

1.2 “非粮化”态势：自2000年以来急剧增加，南方高于北方、山区高于平原，非粮食主产区高于粮食主产区

耕地“非粮化”是指原本用于种植粮食作物的耕地转为种植非粮作物甚至发展养殖业、休闲农业，其典型表现形式有“坑塘化”“果园化”“苗木化”“茶园化”等。在既定约束下，耕地经营主体理性选择可获致最大化收益的种植方式，能够增加收益、减少弃耕撂荒，促进规模经营。但是，如不具体情况具体分析，施以精细化监管，从长远看，耕地“非粮化”极易导致耕作层被破坏，耕地基础地力被侵蚀、农田生

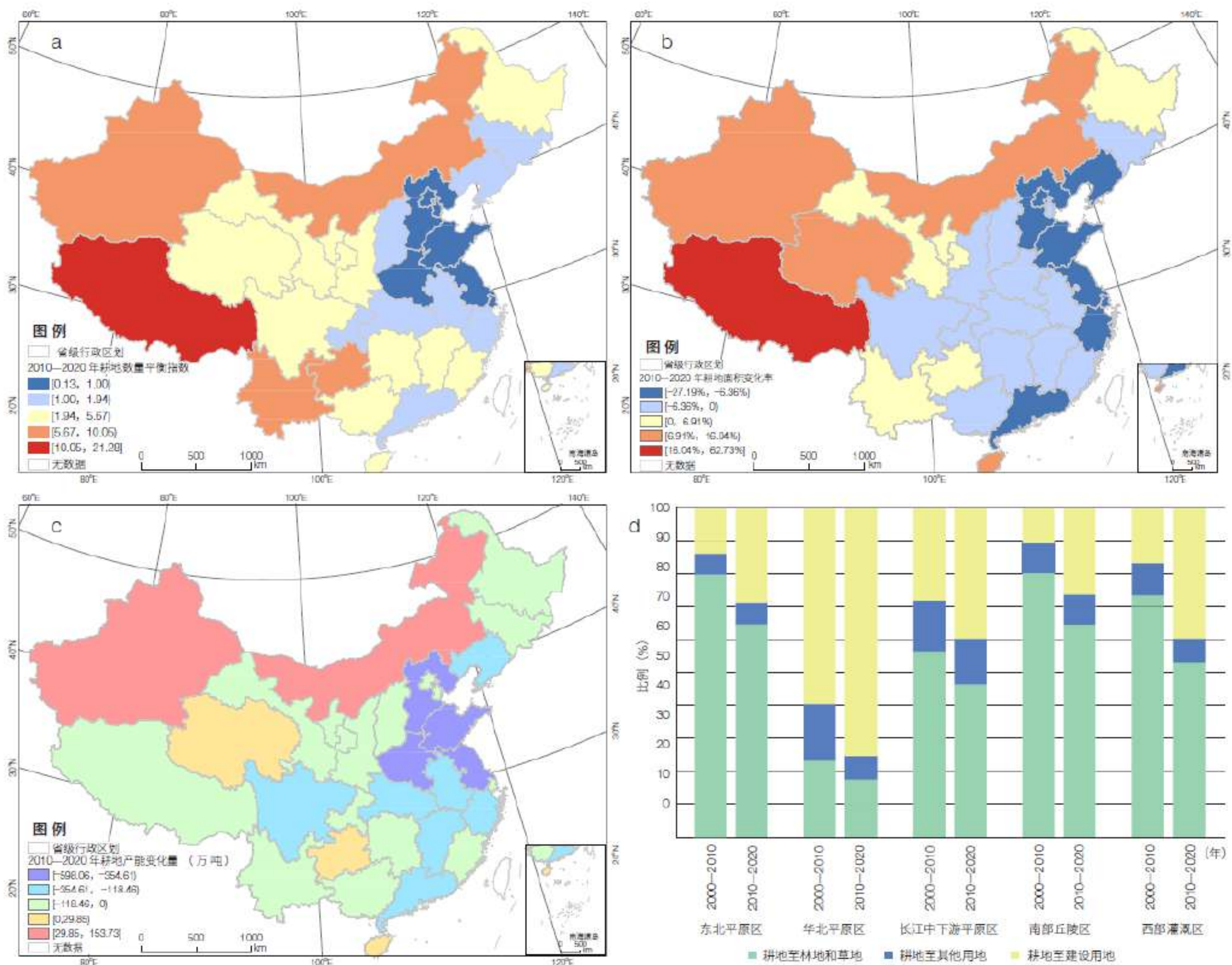


图1　2010—2020年中国耕地“非农化”格局

Figure 1　Non-agricultural pattern of cropland from 2010 to 2020 in China

（a）2010—2020年省级耕地数量平衡指数（即补充耕地面积与建筑用地占用耕地面积比值）；（b）2010—2020年省级耕地面积变化率；（c）2010—2020年省级耕地产能变化量；（d）不同时期流出耕地转换为林草用地、建设用地、其他用地类型的比例；港澳台地区数据暂缺

(a) The provincial cropland quantity balance index (i.e., the ratio of compensated cropland area to the area of cropland that been occupied by built-up land) from 2010 to 2020; (b) provincial arable land area change rate from 2010 to 2020; (c) provincial arable land capacity change from 2010 to 2020; (d) the proportion of cropland area that been transformed to forest & grass land, built-up land and other land use types; no data available for Hong Kong, Macao, and Taiwan, China

态系统退化等严重后果，危及国家粮食安全的物质基础。

近年来，政府推进粮食规模化生产过程中，“工商资本”涉农的趋利性，以及“耕地流转”中高额的土地租金、滞后的种粮补贴政策等因素加剧“非粮化”蔓延。据调查，2013年12月—2014年3月，我国东部地区以“工商资本”形式流转耕地的非粮化率达72.41%，中部、西部分别为32.69%和57.35%[29]。1980—2020年中国统计年鉴数据显示，我国耕地“非粮化”率自2000年以来急剧增加，且南方高于北方、山区高于平原，非粮食主产区高于粮食主产区。上海、浙江、福建、广东海南等东部省份，自1995年以来，长期存在严重耕地“非粮化”态势，非粮化率超过50%的年头比较常见。广西、四川、云南、贵州、重庆等西南省份，自2000年以来，耕地“非粮化”持续走高，2020年达到历史峰值。

1.3 “细碎化”态势：北低南高，三大平原连片耕地被高细碎利用，2014年以来细碎度降低

耕地“细碎化”是指一个农户经营一块以上的耕地，这些地块“受人为或自然条件的影响，难以成片、集中、规模经营，土地利用呈插花、分散、无序的状态”[18]。耕地“细碎化”的影响随区域自然-经济-社会特征而变化：有研究认为，在剩余劳动力较多、耕地面积较少的特定地区，“细碎化”有利于农民开展多样化种植，分散农业投入风险，从而维持或增加净收入[30]；而随着农业机械化和经营模式的不断发展，更多学者提出，耕地“细碎化”会阻碍农业新技术应用，加剧田埂引发的农民矛盾，阻碍农业规模经营，对耕地利用效率、农业投入产出、农业复种指数产生负面影响[31,32]。

根据第二次全国土地调查数据升尺度计算（图2），我国耕地细碎度整体表现为北低南高的空间格局，连片性低的细碎地块主要分布在山地丘陵地区；关中平原、成都平原及长江中下游平原江苏、安徽、江西等地区呈低平均斑块面积-高空间密度聚类格局，即具备高的规模经营潜力，但因人为分割与多样化种植等因素呈细碎利用。王学和徐晓凡[33]研究表明，2004—2013年中国超70%的县域耕地景观格局呈显著“细碎化”趋势；2014—2020年，在农地流转政策影响下耕地细碎度降低，其中两广地区最为显著。

1.4 “边际化”态势：2015年以来加剧，山区高于平原，由长江中下游地区向西迁移，超半数县耕地利用强度低于60%

土地“边际化”是指某一土地利用状态的经济效益在自然、社会、政治、经济、环境等多因素的共同作用下不断减少的过程[34]。耕地“边际化”的本质是耕地在当前用途下出现“无租化”现象，即农地利用的纯收益“小于或等于零”（称为“低端边际化”）或低于其他可选用途的经济收益（称为“高端边际化”），耕地用途转为更为粗放的用途，甚至撂荒。耕地“边际化”现象的指示性指标通常包括“耕作纯收益明显下降”“农作物播种面积减小”“集约度减小”等。

根据2001—2018年的“全国农产品成本收益资料汇编”，自2015年以来，种植早籼稻、小麦、玉米在大部分省份表现出显著低端边际化特征，相比2010年以前收益下降剧烈。此外，山区省份边际化现象更为严峻，这主要是由于山区农业机械化发展困难导致亩均耕作用工数量远大于平原地区，且耕作劳动生产率显著低于平原地区[35]。

根据张学珍等[36]对1992—2017年中国20余省份的165个县（市）撂荒案例荟萃分析，我国撂荒案例在空间上主要呈逆时针旋转90°的“T”字型格局；2010年后，我国撂荒研究重点区域由长江中下游地区向西迁移，转变为自甘肃东南部至贵州西部和云南北部的南北条带状集中分布；撂荒案例数量持续增加，撂荒率也呈逐渐增加趋势。Ye等[37]对中国县级耕地利用强度研究表明，全国73.1%的县耕地平均利用强度

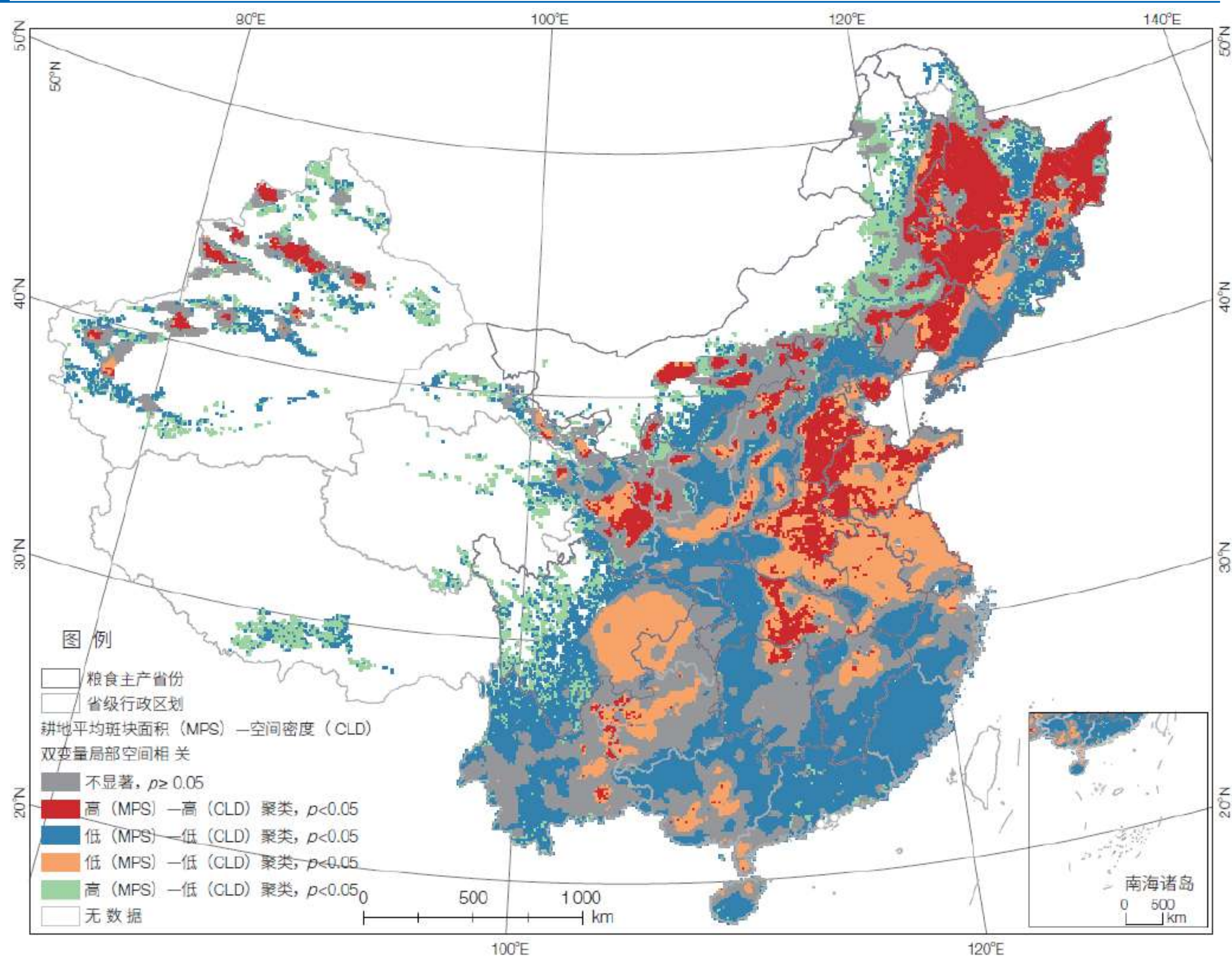


图2　基于10 km格网单元的中国耕地平均斑块面积（MPS）与空间密度（CLD）双变量空间自相关格局

Figure 2　Bivariate local Moran's I between cropland mean patch size (MPS) and cultivated land density (CLD) of China, based on the 10 km grid unit

其中，MPS为格网内耕地面积与耕地地块数量的比值，用于指示耕地被人为分割并细碎利用的程度；CLD为格网内耕地面积占格网总面积比例，用于指示耕地的连片分布程度；港澳台地区数据暂缺

Thereinto, MPS is calculated by the ratio of the total cropland area in the grid to the count of cropland plots, which can be used to indicate the degree of cropland fragmentation caused by artificial division; CLD is calculated by the ratio of the total cropland area in the grid to total area of the grid, which can be used to indicate concentrated distribution degree of cropland; no data available for Hong Kong, Macao, and Taiwan, China

低于0.7，53.6%的县平均利用强度低于0.6，辽宁、内蒙古、山西、湖南、安徽、四川、云南、重庆、海南、新疆等地区均存在隐性撂荒空间聚集特征；高质量-低强度成为耕地利用的核心矛盾（覆盖52.98%县区）[38]。此外，耕地占补平衡政策实施中对“占近补远”现象的管控缺失也加剧了“边际化”过程。例如，Liu等[28]计算得出，2010—2020年，省级补偿耕地的平均耕作距离达到占用耕地的2—7倍；但同时期省级耕地平均耕作距离减少了3.82%—63.88%。这一矛盾主要是由于远距离耕地因耕作成本较高而被粗放利用甚至撂荒，进而被遥感分类模型识别为其他土地利用类型，“边际化”过程的效应掩盖了“占近补远”

过程，导致省级平均耕作距离减小。

1.5 “生态退化”态势：生物健康形势严峻，化肥农药利用率距发达国家仍有较大差距，农田汞、镉污染治理亟待加强

耕地“生态退化”现象是指由于土地过度开发利用、田块规模化、沟路渠过度硬化导致农田半自然生境减少或消失，加之化肥农药大量投入和单一化种植，导致耕地土壤酸化板结、重金属污染加剧、农业景观均质化、生物多样性严重减低[39,40]。农业化学品投入与耕地重金属污染是耕地“生态退化”现象发生发展的重要影响因素。

基于FAOSTAT数据集能值分析（图3）：1995—2010年，我国农作物产出强度提升伴随着农药化肥投入强度的大幅增加；2010年以后我国农作物生产模式转为“减肥增产”，农药投入强度也呈波动降低；至2019年，我国农作物产出强度仅接近美国2000年产出水平，仍有较大的提升潜力，农药、化肥投入强度分别是美国2000年的2.32倍与1.4倍。

1998—2019年中国29省份121个县农田土壤重金属——汞（Hg）、砷（As）、铅（Pb）、镉（Cd）、铬（Cr）、铜（Cu）、锌（Zn）含量调查案例荟萃分析表明[41]：我国农田Hg、Pb、Cd元素污染普遍较为严重，其中以Cd元素污染最为严重——在辽宁、江苏、吉林、湖北、福建、广东、四川、江西、甘肃、陕西、河北、广西、新疆、河南等众多地区均检测出重度或严重污染案例。从时间变化上看，农田Hg、Cd污染状况变化较小，而Pb污染状况在2016年以后有所改善。

1.6 耕地“五化”态势的综合分析

综合来看，近20年我国耕地“非农化”“非粮化”“细碎化”“边际化”和“生态退化”均表现出加剧趋势。“非农化”和“非粮化”问题已经突破耕地资源安全预警线（图4），其中华北平原与长江中下游平原“非农化”问题，以及南方省份的高“非粮化”问题尤为严重。同时，“细碎化”“边际化”和“生态退化”也已突破临界预警线，存在向预警线加剧的风险。平原地区耕地“细碎化”态势得到一定控制，但仍是限制农业规模经营的主要因素；“边际化”态势持续加剧，特别是显/隐性撂荒问题亟待重视；“生态退化”治理已有初步成效，但化肥农药利用率距离发达国家尚存差距，耕地Hg、Cd污染监测与治理亟待加强。从长远来看，应优先转变“非农化”“非粮化”趋势，进一步治理“细碎化”“边际化”，谨防“生态退化”加剧。此外，“五化”问题均表现出不同程度的向西迁移，急需做好提前防治。

2 治理耕地“五化”面临艰巨挑战

2.1 耕地“五化”过程成因交错复杂，机理认知困难

耕地“五化”过程成因复杂，受自然-经济-社会因素综合作用，并表现出区域分异特征。

（1）*自然层面。*我国面临大国小农的基本国情，人均耕地面积小，自然资源禀赋较差。小农户仍是我国农业经营的绝对主体，占全国农业经营户的98%，覆盖全国70%左右耕地[42]，并受气候条件、地形特征、土壤性状、工程水平的空间约束，这导致大量不适宜耕作的土地被作为耕地利用。

（2）*经济层面。*城市化、工商业资本向农业转移加剧了耕地“非农化”过程；种粮比较效益低下，有限种粮面积难以维持尊严体面的家庭生计，是驱动“非粮化”的关键症结；经济飞速增长和产业结构升级带来的农业比重下降、务农机会成本增加、农业劳动力转移、农资价格上涨，加剧平原区流转农地的“非粮化”与“生态退化”经营，也推动山地区耕地“边际化”发展。

（3）*社会层面。*老生代农户群体劳动能力减弱，农村偏低的医疗、教育、生活条件，以及部分地区农业无法维持生计的现实状况使得“农二代”延续务农

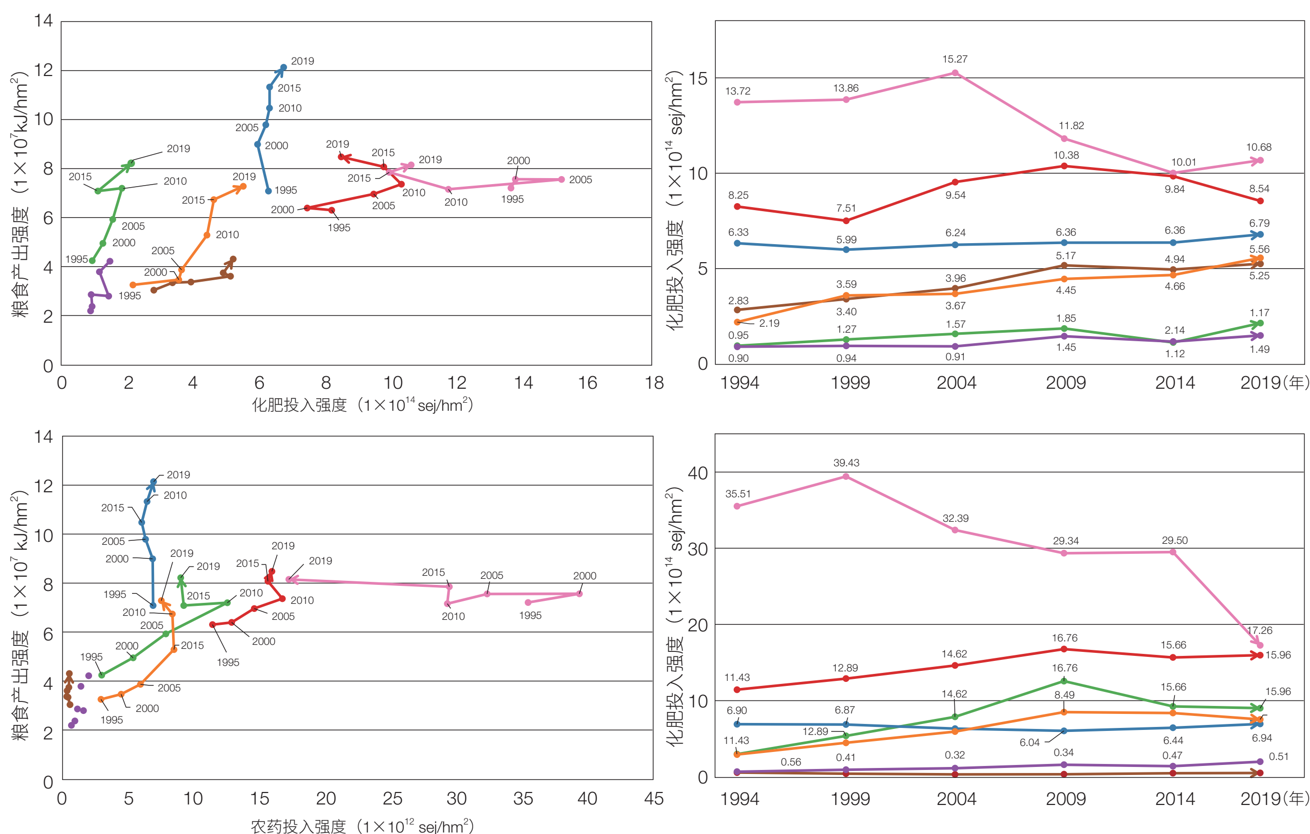


图3　不同国家1995—2019年农药、化肥投入强度及其与粮食产出强度变化关系

Figure 3　Relationship between pesticide or fertilizer input intensity and grain output intensity in multiple countries from 1995 to 2019

（a）农药投入强度与粮食产出强度的耦合关系；（b）不同国家耕地农药投入强度变化特征；（c）化肥投入强度与粮食产出强度的耦合关系；（d）不同国家耕地化肥投入强度变化特征。农药投入强度与化肥投入强度基于单位面积的能值投入表达；粮食产出强度为小麦、玉米、水稻、土豆、豆类的单位面积平均能量产出；相关计算数据来自FAOSTAT数据集

(a) Coupling relationship between pesticide input intensity and grain output intensity; (b) variation characteristics of pesticide input intensity of cropland in multiple countries; (c) coupling relationship between fertilizer input intensity and grain output intensity; (d) variation characteristics of fertilizer input intensity of cropland in multiple countries. The input intensity of pesticide and fertilizer was expressed by energy based input per unit area. Grain output intensity is the average energy output per unit area of wheat, corn, rice, potatoes and beans. The relevant calculation data comes from the FAOSTAT

的意愿较低，导致务农主体缺位，增加耕地“非粮化”“边际化”的风险；务农群体受教育水平较低也限制了新兴农业技术的推广应用。同时，农产品质量监管体系与农产品市场规范化的发展不足，导致耕地“生态退化”缺乏消费端约束。

自然-经济-社会因素的空间差异决定了我国耕地“五化”过程在不同地区受异质性的机理过程驱动而表现出不同的发展方向。治理耕地“五化”应立足于理解区域性“五化”机理特征，绝不能实施“一刀切”的管控政策。

2.2 耕地“五化”是系统性问题，形态多样，多相互通，加剧政策管控难度

耕地“五化”根源在于农业经营主体与土地监管主体之间对耕地利用方式与产出效益的期望产生对立。一方面，不同类型的农业经营主体以提升耕地经济效益为目标，在区域自然条件及自身资金技术等因

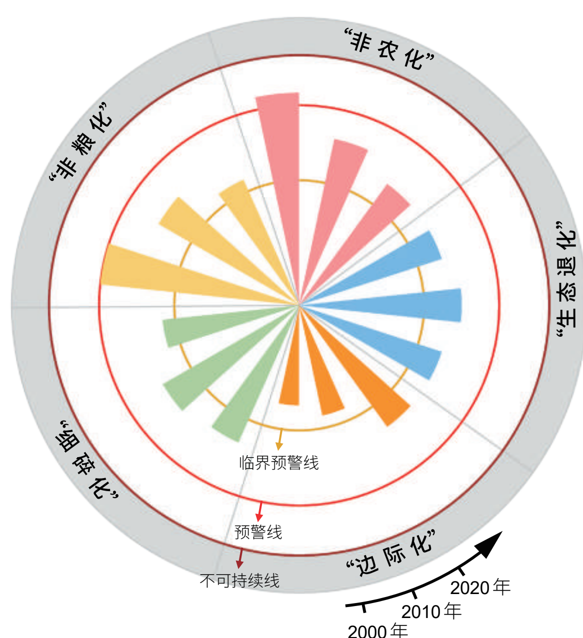


图4　2000—2020年中国耕地“五化”态势变化评估

Figure 4　Assessment of cropland’s non-agricultural, non-grain, fragmentation, marginalization, and ecological degradation changes of China from 2000 to 2020

素约束下趋向比较收益较高的耕地利用方式；另一方面，不同类型的土地监管主体则从区域建设发展、粮食安全保障、资源生态健康等方面对耕地利用方式提出要求，通过行政法规管控约束农业经营主体提升耕地经济效益的行为。在部分地区，这一对立又融入了农业经营主体内部之间关于流转农地收益分配、环境安全的矛盾，以及土地监管主体内部之间关于城市发展与耕地保护的冲突，变得更为复杂。

*耕地“五化”现象，是在极端情况下，农业经营主体与土地监管主体之间对耕地利用方式与产出效益的期望产生对立的具象化形式。*在此背景下，农业经营主体为规避行政法规约束而激发新形态的“五化”案例不断涌现，倒逼耕地管控政策以“堵缺口”的方式被动应对，在实践中表现出滞后性与片面性。

*同时，耕地“五化”是系统性问题，“五化”现象之间存在多相态互通。*针对单一“五化”问题设计管控策略，有可能激化农业经营主体与土地监管主体之间的对立，推动一种“五化”相态转为另一种“五化”相态，甚至衍生出新相态。例如，耕地占补平衡、建设用地增减挂钩等政策对管控“非农化”问题发挥重要作用，但部分地区“占近补远”的补偿方式加剧了耕地的“细碎化”和“边际化”；而占林草补耕地不仅破坏原生态系统稳定，也对化学品投入提出更高需求，加剧耕地“生态退化”。又如，通过“农地流转”政策有效改善了“细碎化”，但规模经营主体趋于通过“非粮化”经营提升流转耕地的经济收益；而对“非粮化”的严格管控，很可能加剧山区耕地撂荒，并推动平原区农业经营主体提升化学品投入以提升粮食单产。

综上，治理耕地“五化”，应从根本问题入手，统筹全局，以疏解农业经营主体与土地监管主体间的对立为目标，充分顾及农业经营主体意愿。

2.3 耕地“五化”的责任主体存在认知差异，目标难以协同

*耕地资源“利用-本底-效益”存在内在联系与互馈作用：*耕地资源利用行为通过改变资源本底状态，支撑资源效益的实现；耕地资源效益指示耕地资源本底的质量、健康状况，进而牵引或制约耕地利用行为[16]。“五化”现象外在表现为不适宜的耕地资源利用行为，内在损害耕地资源本底状态、影响农田生态系统健康。基于此，探索“五化”治理路径，需要联合农业、自然资源、生态环境、水土保持等相关的多个责任主体，围绕“利用-本底-效益”级联过程形成共识，理清区域性耕地利用的边界，从源头出发协作监管不适宜的耕地利用行为。

*当前耕地保护责任主体因职能分割而存在认知差异：*重视耕地产量提升、耕地污染治理、耕地质量产能保护等责任的局部而轻全局。这种认知差异导致“五化”治理目标难以协同，存在政策设计不完善、措施针对性不强的短板，并有部分问题因缺失责任主体而未得监管。例如，长期单一农作物种植引起的农

田生态退化问题。同时，这种认知差异也导致不同层面问题，包括：部分经济发展相对落后地区片面理解推进“农业结构调整”，放任“非粮化”经营以发展乡村经济；部分经济发达地区由于片面追求经济发展、制度建设不健全、对“五化”危害认知不足等因素，缺乏对工矿城建占用基本农田、流转农地“非粮化”经营、耕地抛荒或高化学品投入等现象实施合理制约。

2.4 自然-经济-社会的动态变化加剧耕地“五化”治理的不确定性

耕地“五化”过程发生于开放的农田生态系统，其区域性演化机制与治理弹性可能受外部自然与经济社会因子的动态变化影响而发生变化，给“五化”治理带来极大不确定性。

（1）气候因素是加剧耕地“五化”治理不确定性的主要自然因素。我国是全球气候变化的敏感区和影响显著区[43]。① 气候变化引起1951—2021年我国地表年平均气温每10年升高0.26℃①。2012年以来年降水量持续偏多①，导致大部分极端气候事件的频率与影响强度增加，负面影响农作物干物质积累并加剧农业生产风险。有研究提出，如不采取任何措施，到21世纪后半期，中国小麦、水稻、玉米等主要农作物的最大降幅可达37%[44]。② 气候变化通过改变水热分配引起区域土地适宜性与资源承载力发生变化，并加剧供水差异，导致部分地区农业需水量增大，提高农业成本与投资需求[44]。这些影响可能驱动不同地区小农户做出扩大经济作物种植面积、多样化种植或外出打工等选择以规避风险，加重“五化”风险。③ 气候变化对林草等其他生态系统的影响也可能通过远程耦合作用增加耕地“五化”治理难度。例如，温升引起林草土壤有机碳下降、生物多样性降低等问题会进一步加剧耕地保护压力，威胁农田生态系统的抗逆性。

（2）我国正处在经济社会发展的重要阶段。据国家统计局公报，2022年末全国常住人口城镇化率为65.22%，河南、河北、山东、安徽、江苏和四川等粮食主产省份仍具较大城镇化潜力，在未来一段时期持续面临建设用地需求增长的挑战；而收入提升与人口数量增长驱动饮食结构多元化与粮食需求增加，增加耕地利用压力。同时，人口老龄化、农业劳动力外流及动荡的国际政治经济形式进一步加剧耕地“五化”治理的不确定性。

基于此，治理“五化”问题不仅要立足现状，还要考虑气候与经济社会因子动态变化的影响，尽可能预留弹性应对空间。

3 政策建议

3.1 深化耕地系统研究，完善“五化”综合治理的长期科技支撑

深化良田-良种-良法系统性研究，为“五化”综合治理提供科技支撑。

（1）良田层面。推进顾及未来气候、经济、社会情景动态变化的资源承载力、土地适宜性与多元粮食需求评估研究与成果推广应用。加快形成具有资源禀赋优势的国家粮食生产核心区布局，统筹规划各地区耕地最低保有量，回答“地区承载耕地面积的上限是多少”“哪些地区不适宜种粮而适宜经济作物”“哪些地区边际化或生态退化程度高、风险大且难以逆转，不适宜作为耕地利用”“哪些地区需要休耕轮作、如何休耕轮作”等诸多问题；挖掘气候、地形、土壤、工程建设、利用方式、土壤微生物等因素对区域性耕地单产、农田生态系统健康及“五化”现象的影响机制及其拐点，为全面推进高标准农田建设提供理论指导。

（2）良种层面。构建规模化的生物育种产业基础

① 中国气象局气候变化中心. 中国气候变化蓝皮书(2022). 北京: 科学出版社, 2022.

设置与科技创新平台，集中力量突破农作物育种关键技术；鼓励扶持种子企业，改进种子企业与科研单位的合作模式，加快育种产业化发展；加强科研成果应用，根据地区自然社会经济条件与极端气候风险推广适宜的农作物育种成果。

（3）良法层面。鼓励支持以耕地可持续产能保护为核心的研究探索，研究一季种粮的可持续高效利用模式，研究有利于耕地健康维持和保育的多年粮果轮作经营模式；突破耕地资源调查、监测、评价、预测、预警关键技术与装备[45-48]；宣传推广农业科技小院的先进经验，加强对小农户的耕作技术培训，增加资金支持并制定考核标准；推广高标准农田建设，提升耕地利用效率与抗灾能力，加强节水灌溉、盐碱地治理、污染土壤微生物修复等高新科技推广应用，突破适宜山地丘陵区的小型农机研发关键技术。

3.2 提升农户种粮收入，完善主粮产供销链路，降低务农风险

（1）强化农业支持保护补贴。通过建立奖励机制填补粮食作物和经济作物的效益差异，包括制定区域性农业碳汇核算标准与补贴标准，优先对粮地试点实施碳汇补贴；制定碳税制度，完善碳税征收主体、税费标准、补贴标准等内容，针对化肥、农药生产统一征收碳税，并将碳税补贴至农业部门和应用保护性耕作的农业经营主体等。

（2）鼓励发展村民联合体。强化小农户对规模化经营主体的监督能力，要求占补平衡、增减挂钩、旱改水、进出平衡指标交易应有村民联合体参与并占一定比例的收益，并相应的承担长期管护责任。

（3）完善主粮产供销链路。减少运输销售过程中粮食损耗；规范农产品销售市场，落实农产品健康分级，推动农产品健康信息开放与产地溯源，加强食品安全宣传教育，保障健康农产品具有更高收益。

（4）扩大主粮政策性保险。适当补贴农户购买农业保险行为，降低农户主粮种植风险。

3.3 完善法制建设，落实主体责任，强化监管考核

（1）完善法制与政策建设，为耕地保护涉及的数量、质量、生态关联要素提供法制与政策保障，加强对违法占用耕地、污染损毁耕地行为的惩处力度。协同完善“占补平衡”“进出平衡”“增减挂钩”政策，严把入口关，对转入耕地的连片规模、耕作距离设定门槛，对于存在水土流失、洪涝灾害、污染等退化风险的建筑用地、园地、林地、草地等慎重转入；统一转入耕地的评估体系与验收标准，明确后期管护责任主体与管护要求。推动以县为单元建立耕地“占补平衡”“进出平衡”“增减挂钩”指标流转库，统筹省内耕地“转入”指标周转。

（2）逐步恢复“非农化”“非粮化”耕地，以“南增北稳”方式优化国家耕地战略布局。成立专家组，面向各地区制定“可恢复耕地”（即第三次全国国土调查标注为“即可恢复”或“工程恢复”的现状园地、林地、草地、坑塘水面）的定量恢复目标。着力推动我国南方高产能地区耕地恢复，控制北方地区耕地粗放扩张。国家建立跨省的耕地保护奖励机制，确实无法履行耕地定量恢复目标的地区，需缴纳“高额”耕地保护补偿费。

（3）完善多方主体责任，加快推行“田长制”、落实签订“军令状”。加强耕地“五化”整治监测考核，推进五级“田长制”，将各级“田长”责任范围落地上图，明确责任边界并签订责任状。制订完善的“田长”责任考核指标体系，将耕地“五化”治理情况，作为重要内容纳入考核体系之中。整合国家自然资源督察、地方土地执法检查的现有违法查处机制，并推广应用卫星遥感、地面低空遥感等技术，建立健全耕地“五化”的快速核查机制和监测预警机制。

3.4 加强宣传教育，推动民众树立耕地资源大安全观

（1）围绕“粮食安全”“健康的土地—健康的食物—健康的身体”等加强主题教育。将“五化”治理与

民众福祉关联，引导民众客观认识“五化”态势及其危害，建设耕地资源保护的群众基础。

（2）倡导和推行节粮减损行动。在学校、社区等场所深化粮食节约教育与公益宣传；发挥国家行政机关及企事业单位模范带头作用，完善相关用餐制度，建立粮食浪费监测体系。

（3）加强对农业经营主体的耕地保护法律法规教育与国家利好政策宣传。既要引导小农户认识“五化”危害，亦要帮助小农户了解村民联合体、多种托管服务组织、农业科技小院等与自身权益的联系。

参考文献

1 Rosegrant M W, Cline S A. Global food security: Challenges and policies. Science, 2003, 302: 1917-1919.

2 郧文聚, 汤怀志, 桑玲玲. 树立耕地系统认知, 完善最严格耕保制度. 中国土地, 2022, (5): 4-7.
Yun W J, Tang H Z, Sang L L. Establish a systematic understanding of cultivated land and improve the strictest tillage and protection system. China Land, 2022, (5): 4-7. (in Chinese)

3 尹飞, 毛任钊, 傅伯杰, 等. 农田生态系统服务功能及其形成机制. 应用生态学报, 2006, 17(5): 929-934.
Yin F, Mao R Z, Fu B J, et al. Farmland ecosystem service and its formation mechanism. Chinese Journal of Applied Ecology, 2006, 17(5): 929-934. (in Chinese)

4 周健民. 我国耕地资源保护与地力提升. 中国科学院院刊, 2013, 28(2): 269-274.
Zhou J M. Protection of arable land resources and increase of soil productivity in China. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2013, 28(2): 269-274. (in Chinese)

5 Valujeva K, O’sullivan L, Gutzler C, et al. The challenge of managing soil functions at multiple scales: An optimisation study of the synergistic and antagonistic trade-offs between soil functions in Ireland. Land Use Policy, 2016, 58: 335-347.

6 Kong X B. China must protect high-quality arable land. Nature, 2014, 506: 7.

7 Deng X Z, Huang J K, Rozelle S, et al. Impact of urbanization on cultivated land changes in China. Land Use Policy, 2015, 45: 1-7.

8 Ye S J, Song C Q, Kuzyakov Y, et al. Preface: Arable land quality: Observation, estimation, optimization, and application. Land, 2022, 11(6): 947.

9 Wan C J, Kuzyakov Y, Cheng C X, et al. A soil sampling design for arable land quality observation by using SPCOSA–CLHS hybrid approach. Land Degradation & Development, 2021, 32(17): 4889-4906.

10 叶思菁, 宋长青, 程锋, 等. 中国耕地健康产能综合评价与试点评估研究. 农业工程学报, 2019, 35(22): 66-78.
Ye S J, Song C Q, Cheng F, et al. Cultivated land health-productivity comprehensive evaluation and its pilot evaluation in China. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2019, 35(22): 66-78. (in Chinese)

11 徐建明, 孟俊, 刘杏梅, 等. 我国农田土壤重金属污染防治与粮食安全保障. 中国科学院院刊, 2018, 33(2): 153-159.
Xu J M, Meng J, Liu X M, et al. Control of heavy metal pollution in farmland of China in terms of food security. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2018, 33(2): 153-159. (in Chinese)

12 郧文聚, 宇振荣. 中国农村土地整治生态景观建设策略. 农业工程学报, 2011, 27(4): 1-6.
Yun W J, Yu Z R. Ecological landscaping strategy of rural land consolidation in China. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2011, 27(4): 1-6. (in Chinese)

13 叶思菁, 宋长青, 高培超, 等. 地理空间视角下耕地资源新认知体系构建. 农业工程学报, 2023, 39(9): 225-240.
Ye S J, Song C Q, Gao P C, et al. Construction of the new cognitive system for arable land resources from geospatial perspective. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2023, 39(9): 225-240. (in Chinese)

14 蔡运龙, 霍雅勤. 耕地非农化的供给驱动. 中国土地, 2002, (7): 20-22.
Cai Y L, Huo Y Q. Supply-driven farmland conversion. China Land, 2002, (7): 20-22. (in Chinese)

15 曲福田, 陈江龙, 陈雯. 农地非农化经济驱动机制的理论分析与实证研究. 自然资源学报, 2005, 20(2): 231-241
Qu F T, Chen J L, Chen W. Theoretical and empirical study

on the land conversion economic driving forces. Journal of Natural Resources, 2005, 20(2): 231-241. (in Chinese)

16 易小燕, 陈印军. 农户转入耕地及其“非粮化”种植行为与规模的影响因素分析——基于浙江、河北两省的农户调查数据. 中国农村观察, 2010, (6): 2-10.

Yi X Y, Chen Y J. Analysis on the influencing factors of farmers’ transfer to cultivated land and their non-grain planting behavior and scale—Based on the survey data of farmers in Zhejiang and Hebei provinces. China Rural Survey, 2010, (6): 2-10. (in Chinese)

17 谭淑豪, 曲福田, 尼克·哈瑞柯. 土地细碎化的成因及其影响因素分析. 中国农村观察, 2003, (6): 24-30.

Tan S H, Qu F T, Nike H. The causes of land fragmentation and its influencing factors. China Rural Survey, 2003, (6): 24-30. (in Chinese)

18 吕晓, 黄贤金, 钟太洋, 等. 中国农地细碎化问题研究进展. 自然资源学报, 2011, 26(3): 530-540.

Lü X, Huang X J, Zhong T Y, et al. Review on the research of farmland fragmentation in China. Journal of Natural Resources, 2011, 26(3): 530-540. (in Chinese)

19 李秀彬, 赵宇鸾. 森林转型、农地边际化与生态恢复. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(10): 91-95.

Li X B, Zhao Y L. Forest transition, agricultural land marginalisation and ecological restoration. China Population, Resources and Environment, 2011, 21(10): 91-95. (in Chinese)

20 刘成武, 李秀彬. 对中国农地边际化现象的诊断——以三大粮食作物生产的平均状况为例. 地理研究, 2006, 25(5): 895-904.

Liu C W, Li X B. Diagnosis on the marginalization of arable land use in China. Geographical Research, 2006, 25(5): 895-904. (in Chinese)

21 张兴义, 隋跃宇, 宋春雨. 农田黑土退化过程. 土壤与作物, 2013, 2(1): 1-6.

Zhang X Y, Sui Y Y, Song C Y. Degradation process of arable mollisols. Soils and Crops, 2013, 2(1): 1-6. (in Chinese)

22 徐仁扣, 李九玉, 周世伟, 等. 我国农田土壤酸化调控的科学问题与技术措施. 中国科学院院刊, 2018, 33(2): 160-167.

Xu R K, Li J Y, Zhou S W, et al. Scientific issues and controlling strategies of soil acidification of croplands in China. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2018, 33 (2): 160-167. (in Chinese)

23 国土资源部, 国家统计局, 国务院第二次全国土地调查领导小组办公室. 关于第二次全国土地调查主要数据成果的公报. 国土资源通讯, 2014, (1): 29-31.

Ministry of Land and Resources, State Statistics Bureau, Office of the Second National Land Survey Leading Group of the State Council. Major data bulletin of the second National Land Survey. National Land & Resources Information, 201, 4(1): 29-31. (in Chinese)

24 国务院第三次全国国土调查领导小组办公室, 自然资源部, 国家统计局. 第三次全国国土调查主要数据公报. 自然资源通讯, 2021, (17): 7-8.

Office of the Third National Land Survey Leading Group of the State Council, Ministry of Natural Resources, State Statistics Bureau. Major data bulletin of the third National Land Survey. National Land & Resources Information, 2021, (17): 7-8. (in Chinese)

25 Ye S J, Ren S Y, Song C Q, et al. Spatial patterns of county-level arable land productive-capacity and its coordination with land-use intensity in the mainland of China. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2022, 326: 107757.

26 汤怀志, 桑玲玲, 郧文聚. 我国耕地占补平衡政策实施困境及科技创新方向. 中国科学院院刊, 2020, 35(5): 637-644.

Tang H Z, Sang L L, Yun W J. China’s cultivated land balance policy implementation dilemma and direction of scientific and technological innovation. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2020, 35(5): 637-644. (in Chinese)

27 Zuo L J, Zhang Z X, Carlson K M, et al. Progress towards sustainable intensification in China challenged by land-use change. Nature Sustainability, 2018, 1(6): 304-313.

28 Liu C Y, Song C Q, Ye S J, et al. Estimate provincial-level effectiveness of the arable land requisition-compensation balance policy in mainland China in the last 20 years. Land Use Policy, 2023, 131: 106733.

29 张藕香, 姜长云. 不同类型农户转入农地的“非粮化”差异分析. 财贸研究, 2016, 27(4): 24-31.

Zhang O X, Jiang C Y. Analysis on differences of “non-grain” of different types farmers in transfer-in farmland.

Finance and Trade Research, 2016, 27(4): 24-31. (in Chinese)

30 Manjunatha A V, Anik A R, Speelman S, et al. Impact of land fragmentation, farm size, land ownership and crop diversity on profit and efficiency of irrigated farms in India. Land Use Policy, 2013, 31: 397-405.

31 刘涛, 曲福田, 金晶, 等. 土地细碎化、土地流转对农户土地利用效率的影响. 资源科学, 2008, 30(10): 1511-1516.
Liu T, Qu F T, Jin J, et al. Impact of land fragmentation and land transfer on farmer's land use efficiency. Resources Science, 2008, 30(10): 1511-1516. (in Chinese)

32 Liu J, Jin X B, Xu W Y, et al. Influential factors and classification of cultivated land fragmentation, and implications for future land consolidation: A case study of Jiangsu Province in Eastern China. Land Use Policy, 2019, 88: 104185.

33 王学, 徐晓凡. 中国耕地景观细碎度时空变化特征及其影响因素. 农业工程学报, 2022, 38(16): 11-20.
Wang X, Xu X F. Spatiotemporal characteristics and influencing factors of landscape fragmentation of cultivated land in China. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2022, 38(16): 11-20. (in Chinese)

34 宋小青, 欧阳竹. 耕地多功能内涵及其对耕地保护的启示. 地理科学进展, 2012, 31(7): 859-868.
Song X Q, Ouyang Z. Connotation of multifunctional cultivated land and its implications for cultivated land protection. Progress in Geography, 2012, 31(7): 859-868. (in Chinese)

35 李升发, 李秀彬. 中国山区耕地利用边际化表现及其机理. 地理学报, 2018, 73(5): 803-817.
Li S F, Li X B. Economic characteristics and the mechanism of farmland marginalization in mountainous areas of China. Acta Geographica Sinica, 2018, 73(5): 803-817. (in Chinese)

36 张学珍, 赵彩杉, 董金玮, 等. 1992—2017年基于荟萃分析的中国耕地撂荒时空特征. 地理学报, 2019, 74(3): 411-420.
Zhang X Z, Zhao C S, Dong J W, et al. Spatio-temporal pattern of cropland abandonment in China from 1992 to 2017: A Meta-analysis. Acta Geographica Sinica, 2019, 74(3): 411-420. (in Chinese)

37 Ye S J, Song C Q, Shen S, et al. Spatial pattern of arable land-use intensity in China. Land Use Policy, 2020, 99: 104845.

38 Ye S J, Song C Q, Gao P C, et al. Visualizing clustering characteristics of multidimensional arable land quality indexes at the county level in the mainland of China. Environment and Planning A: Economy and Space, 2022, 54(2): 222-225.

39 孙玉芳, 李想, 张宏斌, 等. 农业景观生物多样性功能和保护对策. 中国生态农业学报, 2017, 25(7): 993-1001.
Sun Y F, Li X, Zhang H B, et al. Functions and countermeasures of biodiversity conservation in agricultural landscapes: A review. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2017, 25(7): 993-1001. (in Chinese)

40 刘威尔, 张鑫, 张娟, 等. 农田缓冲带规划建设与天敌保护效果研究. 中国生态农业学报, 2017, 25(2): 172-179.
Liu W E, Zhang X, Zhang J, et al. Farmland buffer strip planning, construction and protective effect on related natural enemy. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2017, 25(2): 172-179. (in Chinese)

41 Ren S Y, Song C Q, Ye S J, et al. The spatiotemporal variation in heavy metals in China's farmland soil over the past 20 years: A meta-analysis. Science of the Total Environment, 2022, 806: 150322.

42 张济舟, 郑伟伟, 夏显力. 耕地"非粮化": 政策回溯、形成机理及调控策略. 土地科学动态, 2022, (2): 16-20.
Zhang J Z, Zheng W W, Xia X L. Cropland "non-grain": Policy backtracking, formation mechanism and control strategy. Tudi Kexue Dongtai, 2022, (2): 16-20. (in Chinese)

43 杨翠红, 林康, 高翔, 等. "十四五"时期我国粮食生产的发展态势及风险分析. 中国科学院院刊, 2022, 37(8): 1088-1098.
Yang C H, Lin K, Gao X, et al. Analysis on development and risks of China's food production during 14th Five-year Plan period. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2022, 37(8): 1088-1098. (in Chinese)

44 林而达, 许吟隆, 蒋金荷, 等. 气候变化国家评估报告(II): 气候变化的影响与适应. 气候变化研究进展, 2006, 2(2): 51-56.
Lin E D, Xu Y L, Jiang J H, et al. National Assessment Report of Climate Change (II): Climate change impacts and adaptation. Advances in Climate Change Research, 2006, 2

(2): 51-56. (in Chinese)

45 Ye S J, Zhu D H, Yao X C, et al. Development of a highly flexible mobile GIS-based system for collecting arable land quality data. IEEE J-STARS, 2014, 7(11): 4432-4441.

46 叶思菁, 朱德海, 姚晓闯, 等. 基于移动GIS的作物种植环境数据采集技术. 农业机械学报, 2015, 46(9): 325-334.
Ye S J, Zhu D H, Yao X C, et al. Mobile GIS based approach for collection of crop planting environment data. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2015, 46(9): 325-334. (in Chinese)

47 叶思菁, 张超, 王媛, 等. GF-1遥感大数据自动化正射校正系统设计与实现. 农业工程学报, 2017, 33(S1): 266-273.
Ye S J, Zhang C, Wang Y, et al. Design and implementation of automatic orthorectification system based on GF-1 big data. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2017, 33(S1): 266-273. (in Chinese)

48 Ye S J, Liu D Y, Yao X C, et al. RDCRMG: A raster dataset clean & reconstitution multi-grid architecture for remote sensing monitoring of vegetation dryness. Remote Sensing, 2018, 10(9): 1376.

Five issues and countermeasures of China cropland resource use

YE Sijing SONG Changqing* CHENG Changxiu GAO Peichao SHEN Shi MU Wangshu

（1 State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology,

Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2 Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China）

Abstract Understand the cropland use situation, analyze management countermeasures, and explore the regional suitable cropland use mode are important prerequisites for the implementation of the strictest protection of cultivated land strategy with Chinese characteristics. At present, the cropland resource utilization in China is facing the five issues of non-agricultural, non-grain, fragmentation, marginalization, and ecological degradation. This study estimates the spatial-temporal changes of these cropland use issues in China, analyzes the challenges of cropland use governance from the aspects of complex driving factors, phase characteristics, cognitive differences of responsible subjects, and dynamic changes of external factors. On this basis, the countermeasures of cropland use are put forward to provide insights for building China into a more beautiful country with harmonious development between humans and nature.

Keywords arable land health, non-agriculture, non-grain, marginalization, fragmentation, ecological degradation

叶思菁 北京师范大学地理科学学部副教授。主要研究领域:耕地资源保护与可持续利用。E-mail: yesj@bnu.edu.cn

YE Sijing Ph.D. in agricultural engineering, Associate Professor of Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University. His research focuses on arable land resource protection and sustainable use. E-mail: yesj@bnu.edu.cn

宋长青 北京师范大学地理科学学部部长、教授,中国地理学会副理事长,中国科学与技术协会委员。主要研究领域:地理学研究范式,地理学区域综合,复杂地理系统。E-mail: songcq@bnu.edu.cn

SONG Changqing Ph. D. in physical geography, President of Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University, Professor. Vice President of the Geographical Society of China, Committee Member of China Association for Science and Technology. His research focuses on paradigm of geographical research, geographical regional synthesis, and complex geographic systems.
E-mail: songcq@bnu.edu.cn

■责任编辑：岳凌生

*Corresponding author